

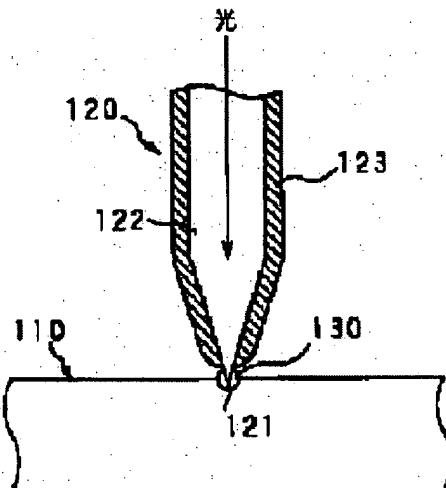
METHOD OF PATTERNING AND PATTERNING DEVICE

Patent number: JP11016856
Publication date: 1999-01-22
Inventor: FUKUDA HIROAKI; OTSU GENICHI
Applicant: KANAGAWA KAGAKU GIJUTSU AKAD
Classification:
- **international:** H01L21/285; C23C16/04; C23F4/00; G03F1/08;
G03F7/20; H01L21/316
- **european:**
Application number: JP19970169154 19970625
Priority number(s):

Abstract of JP11016856

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method of patterning and a patterning device without use of mask and a limitation of processing precision caused by the wavelength of drawing beam.

SOLUTION: The material gas used for film forming is exhausted after adsorbed on a material surface 110 and the absorbent layer of the material gas is left. From an opening with its diameter smaller than the beam wavelength and arranged at a tip of a tapered optical fiber probe 120 coated by a semitransparent metal film, a beam of an evanescent field 130 irradiates a region of the material surface 110 where a film is to be formed, and a nucleus for film growth is selectively generated. A film of wanted pattern is selectively grown from the nucleus through photochemical reaction by making an unfocussed laser beam (excitation beam) irradiate the adsorbent layer of the material gas on the material surface 110 and supplying the material gas again thereto. The selective etching can also be done in the same manner by forming film on the material surface beforehand and appropriately selecting the material gas.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-16856

(43)公開日 平成11年(1999)1月22日

(51)Int.Cl.⁶
H 01 L 21/285
C 23 C 16/04
C 23 F 4/00
G 03 F 1/08
7/20

識別記号
5 2 1

F I
H 01 L 21/285
C 23 C 16/04
C 23 F 4/00
G 03 F 1/08
7/20

C
T
5 2 1

審査請求 有 請求項の数15 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平9-169154

(22)出願日 平成9年(1997)6月25日

(71)出願人 591243103

財団法人神奈川科学技術アカデミー
神奈川県川崎市高津区坂戸3丁目2番1号

(72)発明者 福田 浩章
東京都武蔵野市吉祥寺東町2-6-5-
401

(72)発明者 大津 元一
東京都品川区豊町3-1-8-101

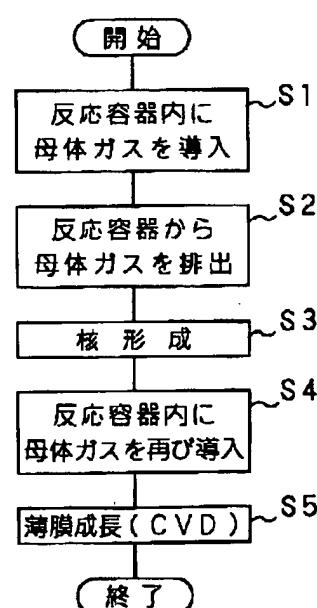
(74)代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54)【発明の名称】 パターニング方法およびパターニング装置

(57)【要約】

【課題】 加工精度が描画光の波長により制限されないマスクレスのパターニング方法およびパターニング装置装置を提供する。

【解決手段】 物質表面110に、膜形成のための原料ガスを吸着させた後に排気して、原料ガスの吸着層を残す。次に、先細り形状にされて不透明な金属膜が被着された光ファイバープローブ120の先端に設けられた、光波長よりも小さい径を有する開口部から、物質表面110の膜を形成する部分にのみエバネッセント場130の光を照射して、膜成長のための核を選択的に生成する。そして、この物質表面110の原料ガスの吸着層に集束していないレーザ光(励起光)を照射しながら原料ガスを再び供給して、核から所望のパターン形状の膜を光化学反応により選択的に成長させる。物質表面110上に予め成膜しておき、原料ガスを適当に選択すれば、同様にして選択的なエッチングを行うこともできる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 材料表面に任意形状のパターンを形成するパターニング方法において、

膜を形成するための原料ガスを基板表面に吸着させる原料ガス吸着工程と、

上記原料ガスが吸着した基板表面に所望のパターンを回折限界以下の大さにされた所定波長の光により描画して核を生成する核生成工程と、

上記基板表面に上記原料ガスを再び供給して、上記核が生成された部分に光化学反応により膜を選択的に成長させる膜成長工程とを有することを特徴とするパターニング方法。

【請求項2】 上記所定波長の光のエネルギーは、上記原料ガスを光分解するのに必要なエネルギー以上であることを特徴とする請求項1記載のパターニング方法。

【請求項3】 上記光により描画される所望のパターンは、描画に用いる光の波長よりも寸法が短い部分を有することを特徴とする請求項1記載のパターニング方法。

【請求項4】 上記描画に用いる光は、エバネッセント場の光であることを特徴とする請求項1記載のパターニング方法。

【請求項5】 上記エバネッセント場の光は、先細り形状にされて不透明な金属膜が被着された光ファイバの先端に設けられた、上記エバネッセント場の光波長よりも小さい径を有する開口部から照射されることを特徴とする請求項1記載のパターニング方法。

【請求項6】 材料表面に任意形状のパターンを形成するパターニング方法において、

材料表面をエッチングするための反応ガスを基板表面に吸着させる反応ガス吸着工程と、

上記反応ガスが吸着した材料表面に所望のパターンを回折限界以下の大さにされた所定波長の光により描画して核を生成する核生成工程と、

上記基板表面に上記反応ガスを再び供給して、上記材料表面の核が生成された部分を光化学反応により選択的に除去するエッチング工程とを有することを特徴とするパターニング方法。

【請求項7】 上記所定波長の光のエネルギーは、上記原料ガスを光分解するのに必要なエネルギー以上であることを特徴とする請求項6記載のパターニング方法。

【請求項8】 上記光により描画される所望のパターンは、描画に用いる光の波長よりも寸法が短い部分を有することを特徴とする請求項6記載のパターニング方法。

【請求項9】 上記描画に用いる光は、エバネッセント場の光であることを特徴とする請求項6記載のパターニング方法。

【請求項10】 上記エバネッセント場の光は、先細り形状にされて不透明な金属膜が被着された光ファイバの先端に設けられた、上記エバネッセント場の光波長よりも小さい径を有する開口部から照射されることを特徴と

する請求項6記載のパターニング方法。

【請求項11】 材料表面に任意形状のパターンを形成するパターニング装置において、

表面にパターンが形成される材料を収容する反応容器と、

上記材料表面に堆積し、または上記材料表面を除去するためのガスを上記反応容器内に供給するガス供給手段と、

上記反応容器内のガスを排出する排気手段と、
上記材料表面に所望のパターンを回折限界以下の大きさにされた光により描画して核を選択的に生成する描画手段とを備えることを特徴とするパターニング装置。

【請求項12】 上記所定波長の光のエネルギーは、上記原料ガスを光分解するのに必要なエネルギー以上であることを特徴とする請求項11記載のパターニング装置。

【請求項13】 上記描画された材料表面に光を照射して、上記選択的に核が生成した部分で光化学反応を誘起するための光照射手段をさらに備えることを特徴とする請求項11記載のパターニング装置。

【請求項14】 上記描画手段により照射される回折限界以下の大きさにされた光は、エバネッセント場の光であることを特徴とする請求項11記載のパターニング装置。

【請求項15】 上記エバネッセント場の光は、先細り形状にされて不透明な金属膜が被着された光ファイバの先端に設けられた、上記エバネッセント場の光波長よりも小さい径を有する開口部から照射されることを特徴とする請求項11記載のパターニング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光化学反応を利用して微細なパターンを選択的に形成するパターニング方法およびパターニング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】大容量の情報を高速に伝送し処理する各種のシステムを形成するために不可欠とされる集積回路部品には、その集積度を向上させるために配線等のパターンをより微細化することが求められている。

【0003】微細なパターンを形成するために開発されている種々のプロセス技術は、いずれも材料を任意の平面形状に堆積する技術と、同様に除去する技術とを組み合わせて実現されるものである。具体的には、リソグラフィ技術によりマスクパターンを作成した後に、リフトオフ法により材料を選択的に成長または除去させる2段階からなるプロセスである。

【0004】ところが、上記のプロセス技術には、加工損傷、寸法精度の低下、プロセスの複雑化などの問題があった。そこで、これらの問題を生じることなく微細なパターンを形成できるプロセス技術として、光を利用する気相成長法が検討されている。

【0005】例えば、原料ガスとしてA₁(CH₃)₃を用いてアルミニウム膜を堆積させる化学気相成長(CVD)において、所望のパターンが形成されたマスクを通してArFレーザ光を基板に照射し、レーザ光が照射された部分でのみA₁(CH₃)₃を励起することによって、基板上に上記マスクのパターンに応じてアルミニウム膜を選択的に堆積させることができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、光を用いて材料を選択的に成長または除去する方法には、寸法が描画光の波長程度以下であるパターンを形成できないという問題がある。これは、加工精度が光の回折限界により制限されるためである。また、マスクを用いるため、成膜中にパターンの形状を変化させたり、膜厚方向の形状を連続的に変化させることが困難であるなどの問題がある。

【0007】本発明は、このような問題を解決するために行われたものであり、描画光の波長により加工精度が制限されることはなく、任意形状のパターンを形成するためにマスクを用いる必要もないパターニング方法およびパターニング装置を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために提案する本発明のパターニング方法は、材料表面に任意形状のパターンを形成するパターニング方法において、膜を形成するための原料ガスを基板表面に吸着させる原料ガス吸着工程と、上記原料ガスが吸着した基板表面に所望のパターンを回折限界以下の大きさにされた所定波長の光により描画して核を生成する核生成工程と、上記基板表面に上記原料ガスを再び供給して、上記核が生成された部分に光化学反応により膜を選択的に成長させる膜成長工程とを有することを特徴とするものである。

【0009】また、上記の課題を解決するために提案する本発明の別のパターニング方法は、材料表面に任意形状のパターンを形成するパターニング方法において、材料表面をエッチングするための反応ガスを基板表面に吸着させる反応ガス吸着工程と、上記反応ガスが吸着した材料表面に所望のパターンを回折限界以下の大きさにされた所定波長の光により描画して核を生成する核生成工程と、上記基板表面に上記反応ガスを再び供給して、上記材料表面の核が生成された部分を光化学反応により選択的に除去するエッチング工程とを有することを特徴とするものである。

【0010】さらに、上記の課題を解決するために提案する本発明のパターニング装置は、材料表面に任意形状のパターンを形成するパターニング装置において、表面にパターンが形成される材料を収容する反応容器と、上記材料表面に堆積し、または上記材料表面を除去するためのガスを上記反応容器内に供給するガス供給手段と、

上記反応容器内のガスを排出する排気手段と、上記材料表面に所望のパターンを回折限界以下の大きさにされた光により描画して核を選択的に生成する描画手段とを備えることを特徴とするものである。

【0011】上記の本発明によれば、光の回折限界よりも短い寸法を含む任意形状のパターンをも形成することができ、しかもマスクを必要としないパターニング方法およびパターニング装置を提供できる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下に、本発明のパターニング方法およびパターニング装置の好ましい実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0013】図1は、本発明のパターニング装置の基本的な構成を模式的に示している。

【0014】このパターニング装置は、原料ガス供給系、反応容器、および排気系から構成されている。

【0015】原料ガス供給系は、原料ガス供給源S1、キャリアガス供給源S2、バルブV1, V2, V3、マスフローコントローラ10、およびこれらと反応容器とを接続する配管などから構成される。

【0016】原料ガス供給源S1およびキャリアガス供給源S2としては、ポンベなどが使用される。なお、キャリアガスは、上記の原料ガスを反応に適当な濃度に希釈して輸送するためものであり、通常は不活性ガスが用いられる。

【0017】バルブV1は原料ガス供給源S1から供給される原料ガスの量を調節するためのものであり、バルブV2はキャリアガス供給源S2から原料ガス供給源S1に供給されるキャリアガスの量を調節するためのものである。また、バルブV3は、キャリアガス供給源S2から、上記のキャリアガスと混合された原料ガスに加えられるキャリアガスの量を調節するためのものである。このバルブV1, V2, V3により、原料ガスとキャリアガスの混合割合が決められて所定の濃度にされる。

【0018】マスフローコントローラ10は、上記のバルブV1, V2, V3により所定の割合でキャリアガスと混合された原料ガスの供給量(質量流量)を精密に制御するためのものである。

【0019】反応容器は、真空チャンバ20と、その内部に収容される基板上に所望のパターンを形成するための図示していない描画手段とを含んで構成される。

【0020】真空チャンバ20は、その内部に基板を収容して、高真空や任意の圧力のガス雰囲気に保持するための容器であり、内部を観察するための窓や、必要に応じて各種の機器を取り付けることができるポートを備えている。この真空チャンバ20の内部には、マスフローコントローラ10を介して原料ガスが導入される。この真空チャンバ20の内部の図示していない描画手段については後述する。

【0021】なお、この反応容器全体は、外部からの振

動を遮断するために定盤や除震台の上に設置されることが望ましい。

【0022】排気系は、真空チャンバ20の内部を任意の圧力にするためのものであり、バルブV4を介して接続される真空ポンプから構成される。ここでは、比較的高い圧力から動作して高真空にまで排気することができ、軽いガスに対しても比較的大きな排気速度が得られるターボ分子ポンプ31と、その補助ポンプとして油回転ポンプ（ロータリーポンプ）を用いる構成を例示している。

【0023】なお、この排気系により真空チャンバ20から排出されるガスは、必要に応じて後処理が施された後に放出される。

【0024】次に、上述した真空チャンバ20の内部の描画手段について説明する。

【0025】前述したように、光を用いる従来の選択的パターニング方法は、自由空間を伝搬する光を集めして使用しているため、0.1 μm程度以下の加工精度（空間分解能）を実現することが不可能であった。

【0026】これに対して、以下に説明する本発明に係るパターニング装置に適用される描画手段は、自由空間を伝搬する光を使用するものではないため、上記の加工精度を実現できるものである。

【0027】図2は、材料表面に所望のパターンを描画するための光を、回折限界以下の大きさにするための光ファイバの先端部を示している。

【0028】光ファイバ122は、一端がエッティング等の方法により先鋭化された後に、不透明な金属膜123が被着されたものである。先鋭化された先端部121は、金属膜123が除去されてコアが露出しており、直徑が可視領域の波長（0.5 μm程度）より小さい開口部が形成されている。なお、以下では、このように加工された光ファイバをプローブという。

【0029】このプローブ120の後端から光を入射すると、先端部121からは、通常の波としての光は出射しないが、エバネッセント場と呼ばれる光の場がしみ出る。このプローブ120を、エバネッセント場130の光を物質表面110に照射しながら圧電アクチュエータなどで微動送りしてスキャンさせることによって、光の回折限界よりも短い寸法を含む所望のパターンを物質表面110に描画することができる。

【0030】なお、プローブ120と物質表面110との距離は、シェアフォースを検出することにより制御される。

【0031】このエバネッセント場130は、プローブ120の先端から光波長以下の距離にある極めて近い領域（近接場領域）に存在する光のうちの非伝搬成分である。

【0032】エバネッセント場130の光のパワーは、プローブ120の先端から遠ざかるにつれて減少する

が、その減少の度合いを表す「しみ出しの厚み」は、プローブ120の先端部121の寸法と同程度であり、光波長には依存しない。また、エバネッセント場130の光は、その単位断面積あたりのパワー密度が100W/cm²にも達するため、プローブ120の先端を物質表面110に近づけることにより光化学反応を誘起することができる。

【0033】次に、本発明のパターニング方法について、図1のパターニング装置の構成および図2のプローブの構成を参照しながら説明する。

【0034】このパターニング方法は、上述したプローブ120の先端部121からしみ出すエバネッセント場130の光により光化学反応を誘起して、基板上に物質を選択的に堆積したり物質表面を除去することにより、光の波長以下の加工精度で任意形状のパターンを形成するものである。

【0035】図3は、本発明のパターニング方法により、基板上に任意形状の薄膜を成膜する際の基本的な手順を示している。

【0036】ステップS1は、原料ガス吸着工程であり、薄膜を形成するための原料ガス（母体ガス）113を真空チャンバ120内に導入して基板111の表面に吸着させる。

【0037】ステップS2では、真空チャンバ120内に導入された原料ガス130が、真空排気系により一旦排出される。このとき、基板111の表面には、原料ガスの吸着層112が残る。

【0038】ステップS3は、核生成工程であり、基板111表面の膜を堆積させたい部分にのみプローブ120の先端から光を照射して、所望のパターンを描画する。ここで照射される光は、前述したエバネッセント場130の光である。この光の波長は、光（光子）エネルギーが原料ガス130の分子を光分解するための解離エネルギー以上に相当するように選択される。これにより、基板111表面の薄膜を形成したい部分にのみ膜成長のための核が選択的に生成される。

【0039】ステップS4では、真空チャンバ120内に原料ガス130が再び導入され、所定の圧力にされる。

【0040】ステップS5は、膜成長工程であり、収束されていないレーザ光（励起光）115を基板111表面の原料ガスの吸着層112に照射しながら薄膜の原料ガス（母体ガス）113を供給することにより、描画されたパターン形状に応じて選択的に生成された核114から薄膜が成長して、所望のパターンを形成する。

【0041】図4は、上記の各工程を模式的に示したものであり、図4(a)は原料ガス吸着工程、図4(b)は核生成工程、図4(c)は膜成長工程をそれぞれ表している。

【0042】基板111には、シリコン、ガラス、サフ

アイアなど種々の材料を用いることができる。なお、この基板111には、脱脂洗浄などの前処理を予め施しておく。この脱脂洗浄は、例えば、純水とイソプロピルアルコールを用いて超音波洗浄により行われる。

【0043】また、上記の各工程において、基板温度は室温にされている。

【0044】これらの工程によれば、光化学蒸気堆積法(光CVD法)を用いて、マスクを使用しない(マスクレス)選択成長を行うことができる。

【0045】また、パターニングが施される薄膜を基板111上に予め成膜しておき、導入される原料ガス130を適当に選択すれば、同様の工程により選択的なエッチングを行って任意の形状にパターニングすることもできる。

【0046】次に、上述した本発明のパターニング方法に用いられる光CVDについて、さらに説明する。

【0047】図5は、光CVD法の原理を示している。原料ガス113の分子に光115が照射されると、原料ガス113の解離エネルギー E_g よりも光(光子)115のエネルギー $h\nu$ が大きいときには、原料ガス113の分子は、原子113aと原子113bに解離する。この過程が光分解である。ここで、 h はプランク定数、 ν は光の振動数である。

【0048】この光分解により生じた原子113aのみを基板111上に堆積させることにより、目的とする薄膜114を得ることができる。一方、目的とする薄膜114を得るために必要とされない原子114bは、反応容器である真空チャンバ20内から速やかに排出されるようになる。なお、前述したように、真空チャンバ20内に導入される原料ガスの種類を適当に選択すれば、光分解により生じる生成物により薄膜114を選択的に除去することも可能である。

【0049】このような光CVD法は、プロセスの制御性が良好でスループットが高いこと、適用可能な材料が多様であること、得られる膜に損傷が少ないとなどの優れた特徴を有している。なお、光CVD法を適用可能な材料については、具体的に後述する。

【0050】図6は、原料ガス113の分子を解離させるために必要な解離エネルギーについて模式的に示している。

【0051】ポテンシャル曲線61は、分子を構成する原子の核間距離とポテンシャルエネルギー E との関係を示している。すわち、原料ガス113の分子を分解して、原子113aと原子113bとを十分に引き離すために必要なエネルギーが解離エネルギー E_g に相当する。また、解離ポテンシャル曲線62は、分子を構成する原子の核間距離に反比例して低下する曲線である。

【0052】原料ガス113の分子を解離させるための過程には、前述した光分解による過程と熱分解による過程がある。光分解はポテンシャル曲線62に沿って進

み、熱分解はポテンシャル曲線61に沿って進む。従って、解離ポテンシャル曲線62とポテンシャル曲線61との差に相当するエネルギーが、励起光のエネルギー $h\nu$ として供給される場合には光分解が支配的な過程になる。

【0053】図7は、光CVD法に用いられる原料ガスの一例として、有機金属ガスであるAl(CH_3)₃の解離エネルギーと励起光の波長との関係を示している。この図において、横軸はAl(CH_3)₃に照射される光波長であり、縦軸は照射された光の透過率を示している。なお縦軸は任意目盛である。

【0054】Al(CH_3)₃の解離エネルギーに相当する光波長は429nmであることから、励起光源に、例えばAr⁺レーザの第2高調波(波長 $\lambda = 257\text{ nm}$)を用いた場合にはAl(CH_3)₃ガスの分子が解離されることが分かる。

【0055】図8は、以上説明した本発明のパターニング方法およびパターニング装置を用いて成膜される膜の、堆積速度と照射されるレーザ光のパワーとの関係の一例を示している。ここでは、原料ガスとしてZn(CH_3)₂を用い、圧力を $6.65 \times 10^2\text{ Pa}$ (5 Torr.)および $1.33 \times 10^3\text{ Pa}$ (10 Torr.)にして成膜した場合の結果を示している。

【0056】このように、照射されるレーザパワーおよび原料ガスの圧力が大きくなるにつれて、膜の堆積速度が増加する。

【0057】図9～図11は、以上説明した本発明を適用して良好な結果を得ることができる材料と、そのために好適な原料ガスおよび励起光源の具体例を示している。図9は生成物として金属を得る場合、図10は半導体材料を得る場合、図11は誘電体を得る場合について、それぞれ示している。なお、図9に示す励起光源について、SHとあるのは第2次高調波(Secondary Harmonics)を示している。

【0058】このように、本発明は、適用できる材料が多種にわたっており、様々な用途に応用できるものであり、例えば、ギガビット級DRAM(ダイナミックランダムアクセスメモリ)などの製造プロセスに使用される位相シフト型フォトマスクを修正するためのツールや、半導体微粒子結晶の選択形成による量子効果素子を実現する新プロセスなどにも適用可能なものである。

【0059】

【発明の効果】本発明のパターニング方法およびパターニング装置によれば、材料表面に所望のパターンをエバネッセント場の光により描画して核生成しておき、さらに光化学反応を利用して物質を選択的に堆積または除去するようにしたため、光の波長よりも短い寸法を含む任意形状のパターンを、マスクを用いることなく直接形成できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のパターニング装置の基本的な構成を模

式的に示す図である。

【図2】材料表面に所望のパターンを描画するための光を、回折限界以下の大ささにするための光ファイバープローブの先端部を示す図である。

【図3】本発明のパターニング方法により、基板上の薄膜を成膜する際の基本的な手順を示すフローチャートである。

【図4】本発明のパターニング方法の主要な工程について説明するための図である。

【図5】光CVD法について説明するための図である。

【図6】原料ガス分子の解離エネルギーについて説明するための図である。

【図7】原料ガスの一例として、Al(CH₃)₃の解離エネルギーと励起光の波長との関係を示す図である。

【図8】膜の堆積速度と照射されるレーザ光のパワーと

の関係の一例を示す図である。

【図9】本発明を適用して得ることができる金属材料と、そのために好適な原料ガスおよび励起光源の具体例を示す図である。

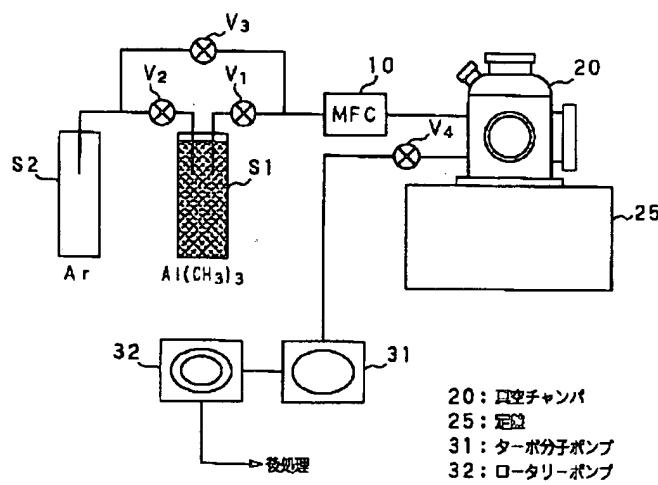
【図10】本発明を適用して得ることができる半導体材料と、そのために好適な原料ガスおよび励起光源の具体例を示す図である。

【図11】本発明を適用して得ることができる誘電体材料と、そのために好適な原料ガスおよび励起光源の具体例を示す図である。

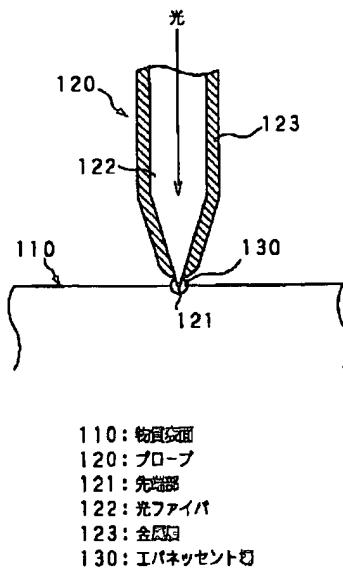
【符号の説明】

111 基板、 112 原料ガス吸着層、 113
原料ガス、 114 薄膜、 114a 核、 115
レーザ光、 120 プローブ、 121 先端部

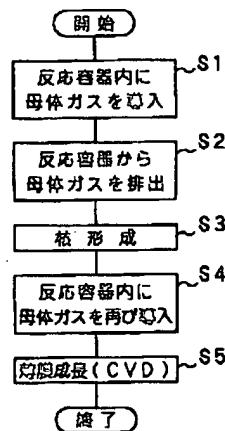
【図1】



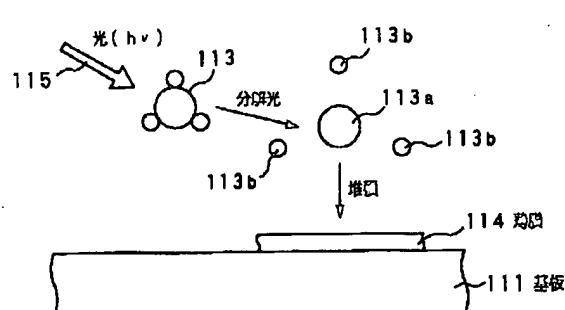
【図2】



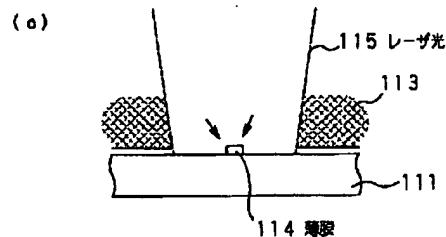
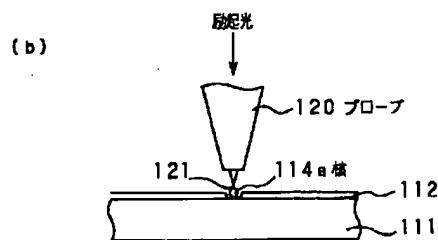
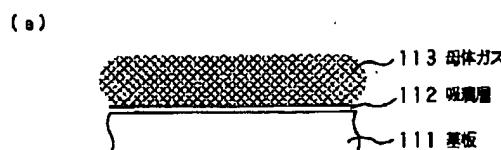
【図3】



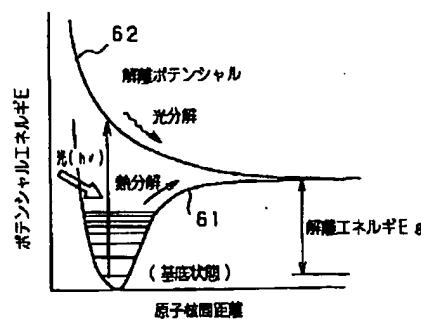
【図5】



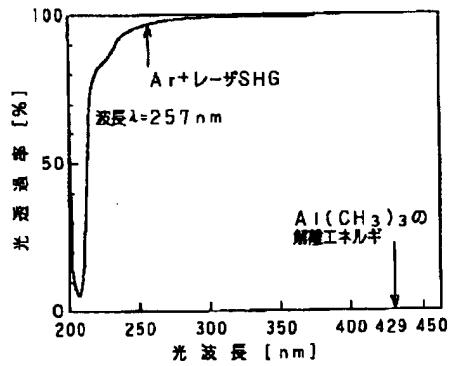
【図4】



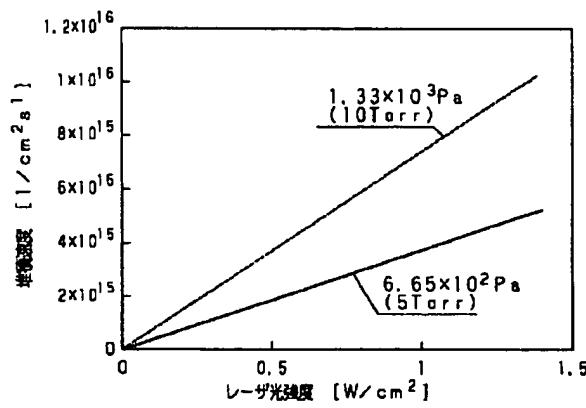
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

| 生成物 metal | 原料ガス | 励起光源 | 光源波長[nm] | 備考 |
|--------------|------------------|---------------|----------|----|
| Al | $Al(CH_3)_3$ | ArF | 193 | |
| | | KrF | 248 | |
| | | Ar*(SH) | 257 | |
| | $Al(i-C_3H_9)_3$ | ArF | 193 | |
| | | KrF | 248 | |
| | | Ar*(SH) | 257 | |
| | $AlI(CH_3)_2$ | ArF | 193 | |
| | | Ar*(SII) | 257 | |
| Au | $Me_2Au(acac)$ | ArF | 193 | |
| | | KrF | 248 | |
| Cd | $Cd(CH_3)_2$ | ArF | 193 | |
| | | Kr* | 337-676 | |
| | | Ar*(SH) | 257 | |
| Cr | $Cr(CO)_6$ | ArF | 193 | |
| | | KrF | 248 | |
| | | Ar*(SH) | 257 | |
| | | Dye laser(SH) | 280-350 | |
| Cu | $Cu(Hfacac)_2$ | ArF | 193 | |
| | | KrF | 248 | |
| | | Ar*(SH) | 257 | |
| Fe | $Fe(CO)_5$ | ArF | 193 | |
| | | KrF | 248 | |
| | | Ar*(SH) | 257 | |
| Ga | $Ga(CH_3)_3$ | Ar*(SH) | 257 | |
| In | InI | ArF | 193 | |
| Mo | $Mo(CO)_6$ | ArF | 193 | |
| | | KrF | 248 | |
| | | Ar*(SH) | 257 | |
| Pb | $Pb(C_2H_5)_4$ | ArF | 193 | |
| | | KrF | 248 | |
| | | Ar*(SH) | 257 | |
| Pt | $Pt(acac)_2$ | Nd:YAG | 248 | |
| | $Pt(Hfacac)_2$ | Ar*(SH) | 257 | |
| | $Pt(Hfacac)_2$ | Ar* | 350-360 | |
| Sn | $Sn(CH_3)_2$ | Ar*(SH) | 257 | |
| Ti | $TiCl_4$ | Ar*(SH) | 257 | |
| W | $W(CO)_6$ | F2 | 158 | |
| | | ArF | 193 | |
| | | KrF | 248 | |
| | | Ar*(SH) | 257 | |
| | | XeCl | 308 | |
| Zn | $Zn(CH_3)_2$ | ArF | 193 | |
| | | Ar*(SH) | 257 | |
| | | | | |
| | $Zn(C_2H_5)_2$ | ArF | 193 | |
| | | KrF | 248 | |
| | | Ar*(SH) | 257 | |

【図10】

| 生成物 | 原料ガス | 励起光源 | 光源波長[nm] | |
|----------------------|--|------|----------|----------------|
| <u>semiconductor</u> | | | | |
| Si | SiH ₄ /N ₂ | ArF | 193 | |
| | | KrF | 248 | |
| CdTe | Si ₂ H ₆ | ArF | 193 | Thermal assist |
| | | XeF | 351 | Thermal assist |
| HgTe | Te(C ₂ H ₅) ₂ , Hg vapor | ArF | 193 | Thermal assist |
| | | KrF | 248 | Thermal assist |
| ZnO | Zn(C ₂ H ₅) ₂ , N ₂ O | ArF | 193 | Thermal assist |
| | | KrF | 248 | Thermal assist |
| ZnS | Zn(CH ₃) ₂ , S(C ₂ H ₅) ₂ | ArF | 193 | Thermal assist |
| | | KrF | 248 | Thermal assist |
| ZnSe | Zn(CH ₃) ₂ , Se(CH ₃) ₂ | ArF | 193 | Thermal assist |
| GaAs | Ga(CH ₃) ₃ , AsH ₃ | ArF | 193 | Thermal assist |
| | | KrCl | 222 | Thermal assist |
| | | KrF | 248 | Thermal assist |
| | | XeCl | 308 | Thermal assist |
| | | XeF | 351 | Thermal assist |
| | GaCl ₃ , AsCl ₃ | ArF | 193 | Thermal assist |
| | | KrCl | 222 | Thermal assist |
| | | KrF | 248 | Thermal assist |
| | | XeCl | 308 | Thermal assist |
| | | XeF | 351 | Thermal assist |
| GaN | Ga(CH ₃) ₃ , NH ₃ | ArF | 193 | Thermal assist |
| GaP | Ga(CH ₃) ₃ , TBP | ArF | 193 | Thermal assist |
| | InP(CH ₃) ₆ , P(CH ₃) ₃ | ArF | 193 | Thermal assist |
| | | KrF | 248 | Thermal assist |
| | | XeF | 351 | Thermal assist |
| InSh | In(CH ₃) ₃ , Sb(CH ₃) ₃ | ArF | 193 | |
| | | KrF | 248 | |

【図11】

| 生成物 | 原料ガス | 励起光源 | 光源波長[nm] | |
|---|--------------------------------------|------|----------|----------------|
| <u>dielectrics</u> | | | | |
| Al ₂ O ₃ | Al(CH ₃) ₃ | ArF | 193 | Thermal assist |
| | | KrF | 248 | Thermal assist |
| CrO ₃ , Cr ₂ O ₃ | CrO ₃ Cl ₂ | Ar* | 488-514 | |
| SiO ₂ | SiH ₄ , N ₂ O | ArF | 193 | Thermal assist |
| Si ₃ N ₄ | SiH ₄ , NH ₃ | ArF | 193 | Thermal assist |
| SnO ₂ | SnCl ₄ , N ₂ O | ArF | 193 | |

フロントページの続き

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 21/316

識別記号

F I

H 0 1 L 21/316

X